

Une approche de modélisation individu-centrée pour évaluer la gestion par plante-piège d'*Helicoverpa zea* en champs de tomate, à la Martinique

Isabelle Grechi
(Cirad, UPR 103 - HortSys)

En collaboration avec:

B. Rhino, A. Ratnadass (Cirad, UPR 103)

Ph. Tixier (Cirad, UPR 26)

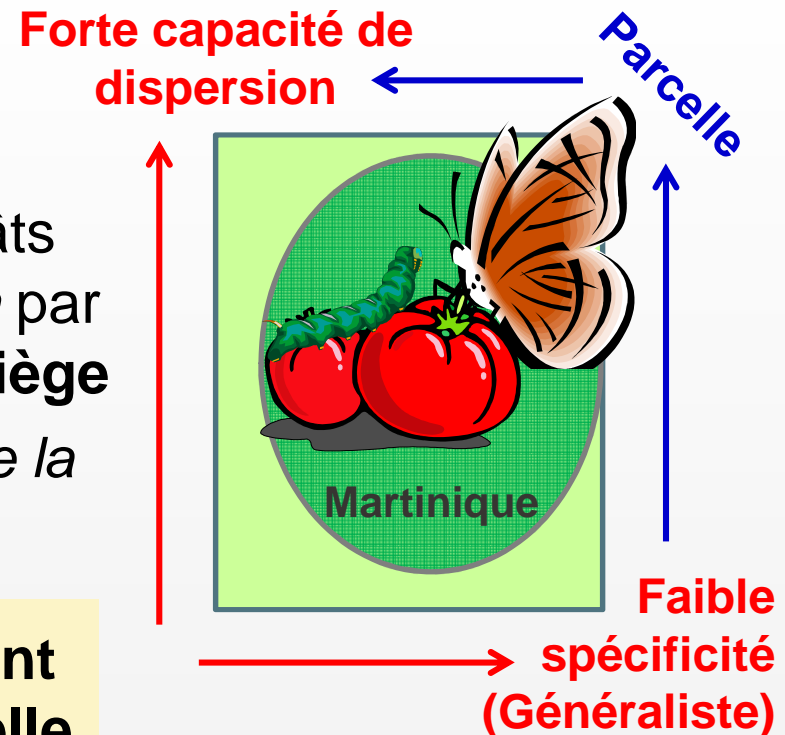
Atelier de restitution ATP Omega3 , Montpellier, 21 novembre 2012

1- INTRODUCTION

- Régulation des populations et dégâts de la **noctuelle de la tomate *H. zea*** par utilisation du **maïs comme plante piège**
→ *détourner les noctuelles (pontes) de la culture principale*

Quelles modalités de déploiement des plantes pièges dans la parcelle pour optimiser leur efficacité?

- **Modélisation individu-centrée (IBM)**
→ *importance donnée au **comportement individuel des insectes** (e.g., sélection d'habitat), en lien avec leur environnement, pour prédire les dynamiques de populations*



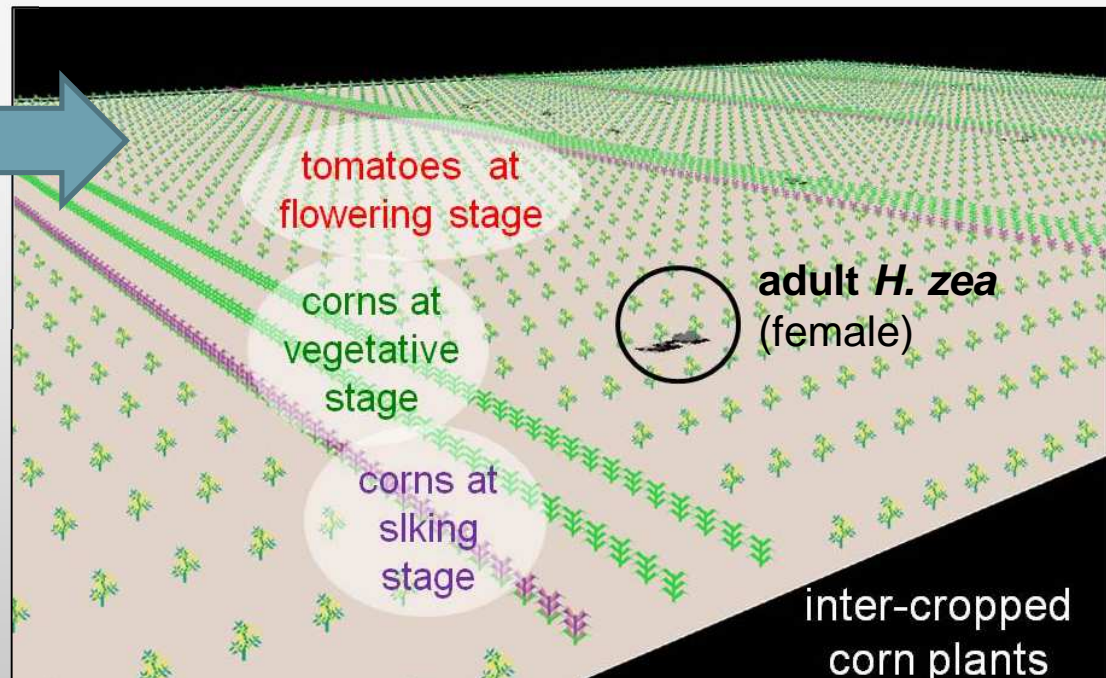
2- PRÉSENTATION DU MODÈLE

Modèle **dynamique** et **spatialement explicite**, représentant :

- le **déplacement (local)** et le **développement** des **insectes**
- la **phénologie** des **plantes** cultivées et pièges



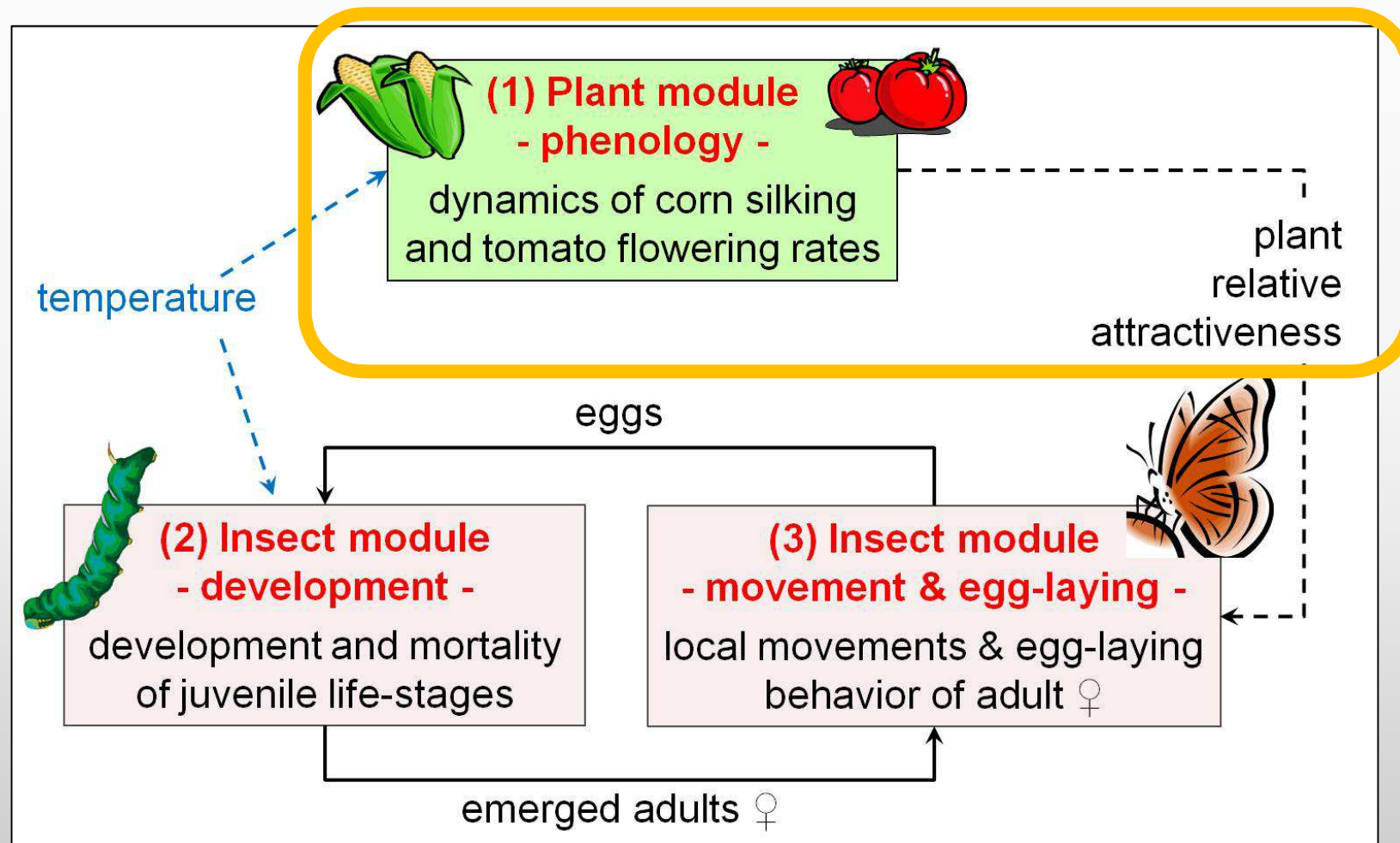
Plateforme de simulation NetLogo



- *Parcelle (<50x50m²) / résolution 1m²*
- *Cycle de production / pas de temps 1j*

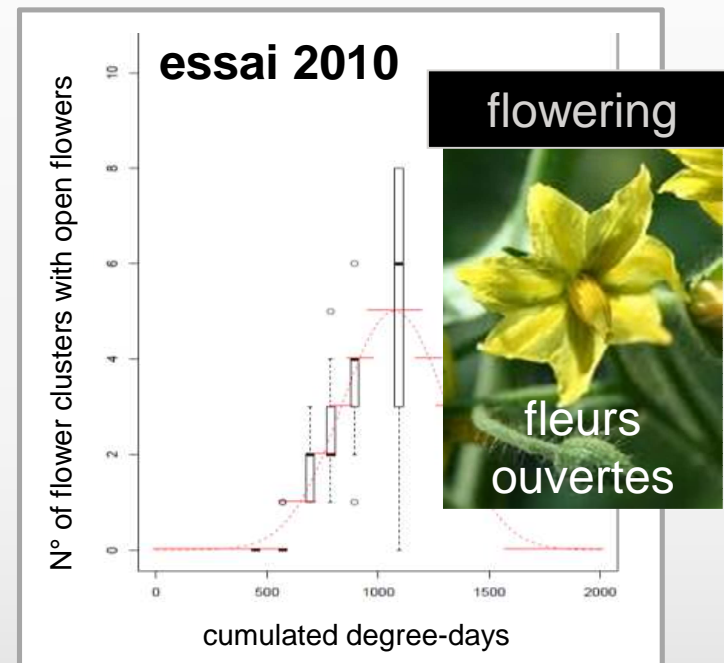
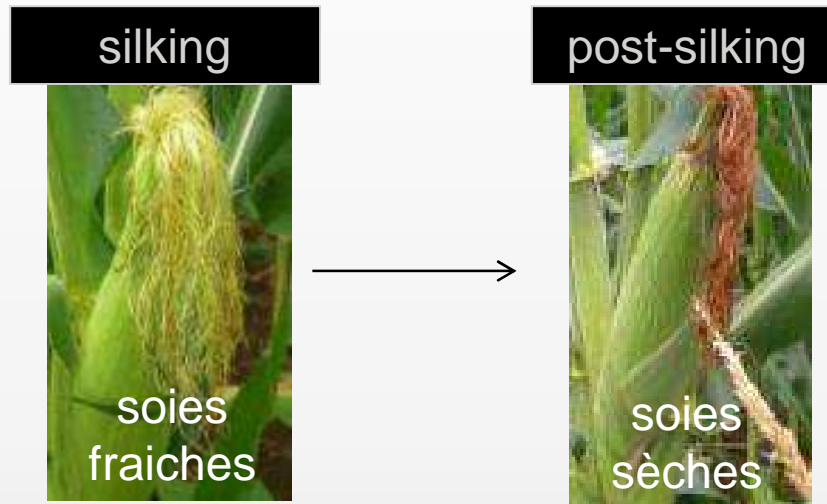
2- PRÉSENTATION DU MODÈLE

- Le modèle est structuré en **3 modules interactifs**:



- **Développement** (échelle de temps thermique) et succession des stades :

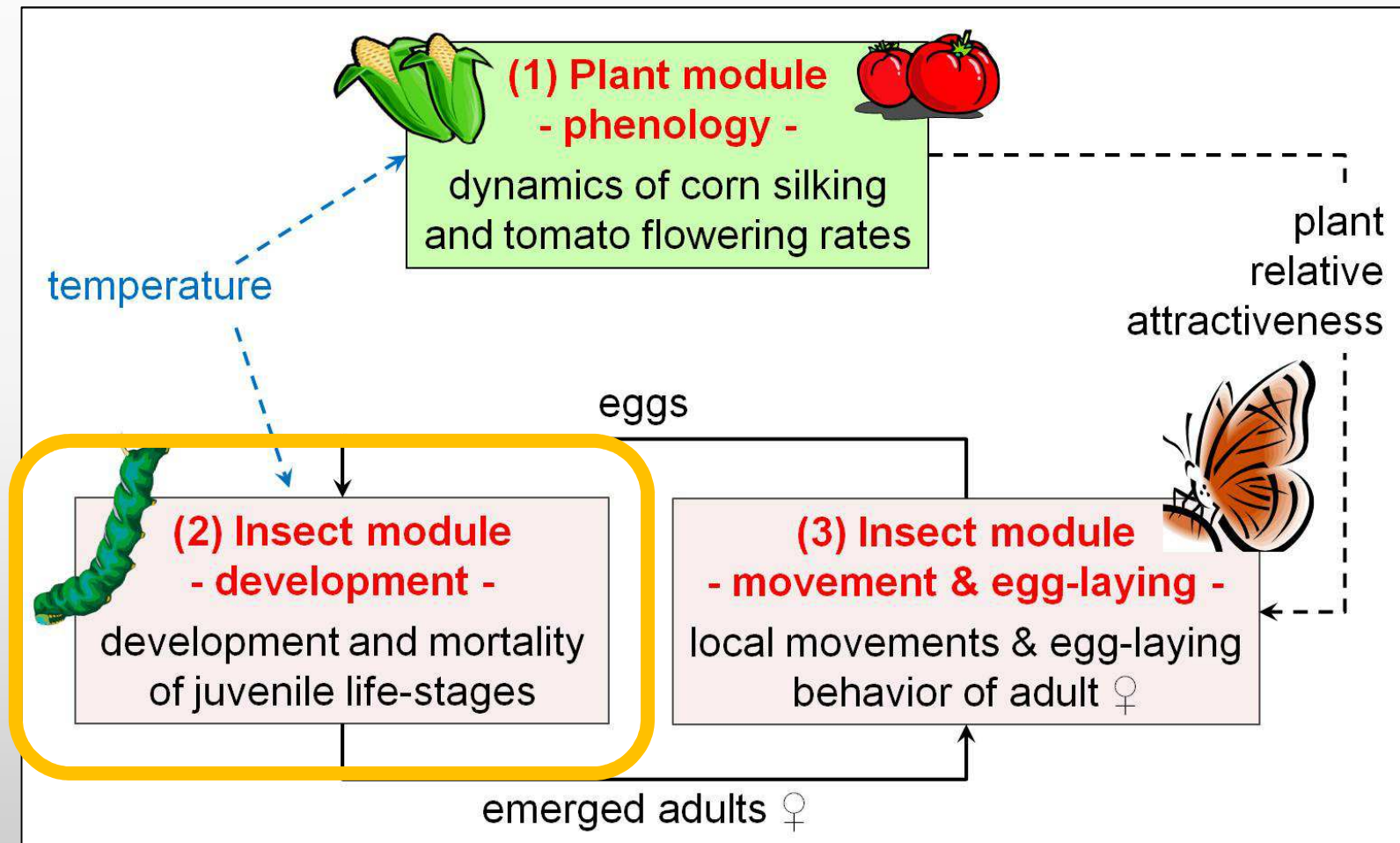
- *tomate*: 'vegetatif', 'flowering', 'post-flowering'
- *maïs*: 'vegetatif', 'silking', 'post-silking'



- **Floraison**: taux relatif de floraison ou d'émission de soies fraîches (0-1)
- **Attractivité relative des plantes**: basée sur des hypothèses de préférences de ponte: **stades floraux et maïs >> tomate** ($\alpha_{T:C}$)
- *Données expérimentales & Littérature (Roltsch & Mayse 1984, Liu et al 2010, Diongue et al 2004, Purcell et al 1992, Jallow et al 2001)*

2- PRÉSENTATION DU MODÈLE

- Le modèle est structuré en **3 modules interactifs**:



(2) Insect module - development -

- **Développement** (échelle de temps thermique) et succession des stades : 'Egg', 'Larva', 'Pupa', 'Adult'

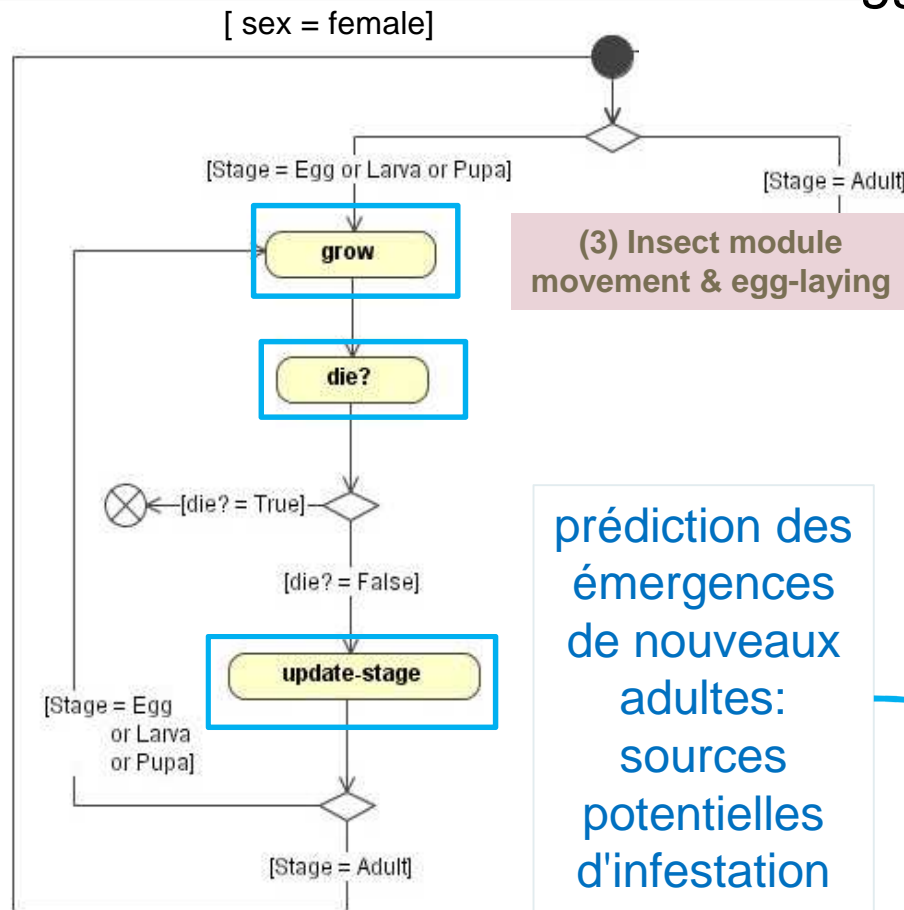


Diagramme d'activité (partie 1) : actions accomplies par un insecte à chaque jour

- **Mortalité:** stade- et densité- (cannibalisme) dépendante (forte variabilité → effet de l'environnement sur EN)

• Littérature

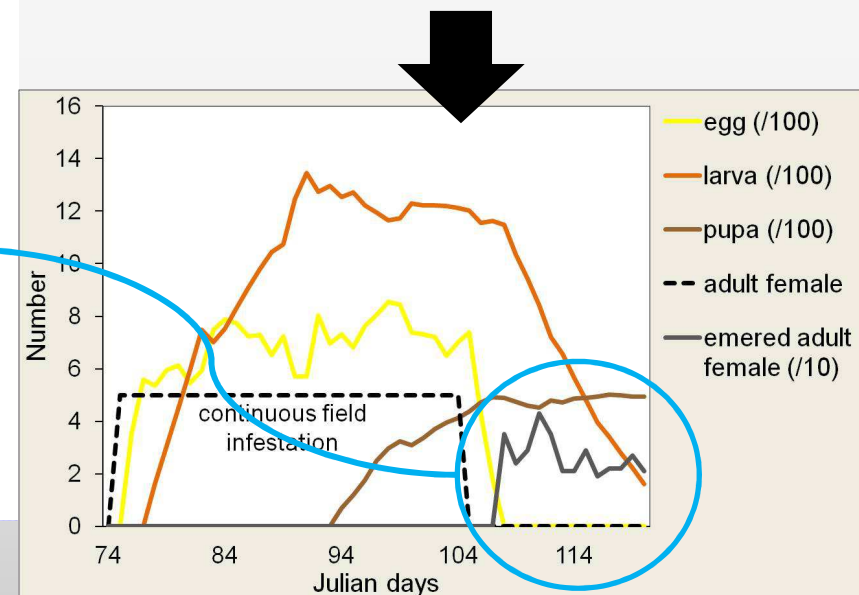
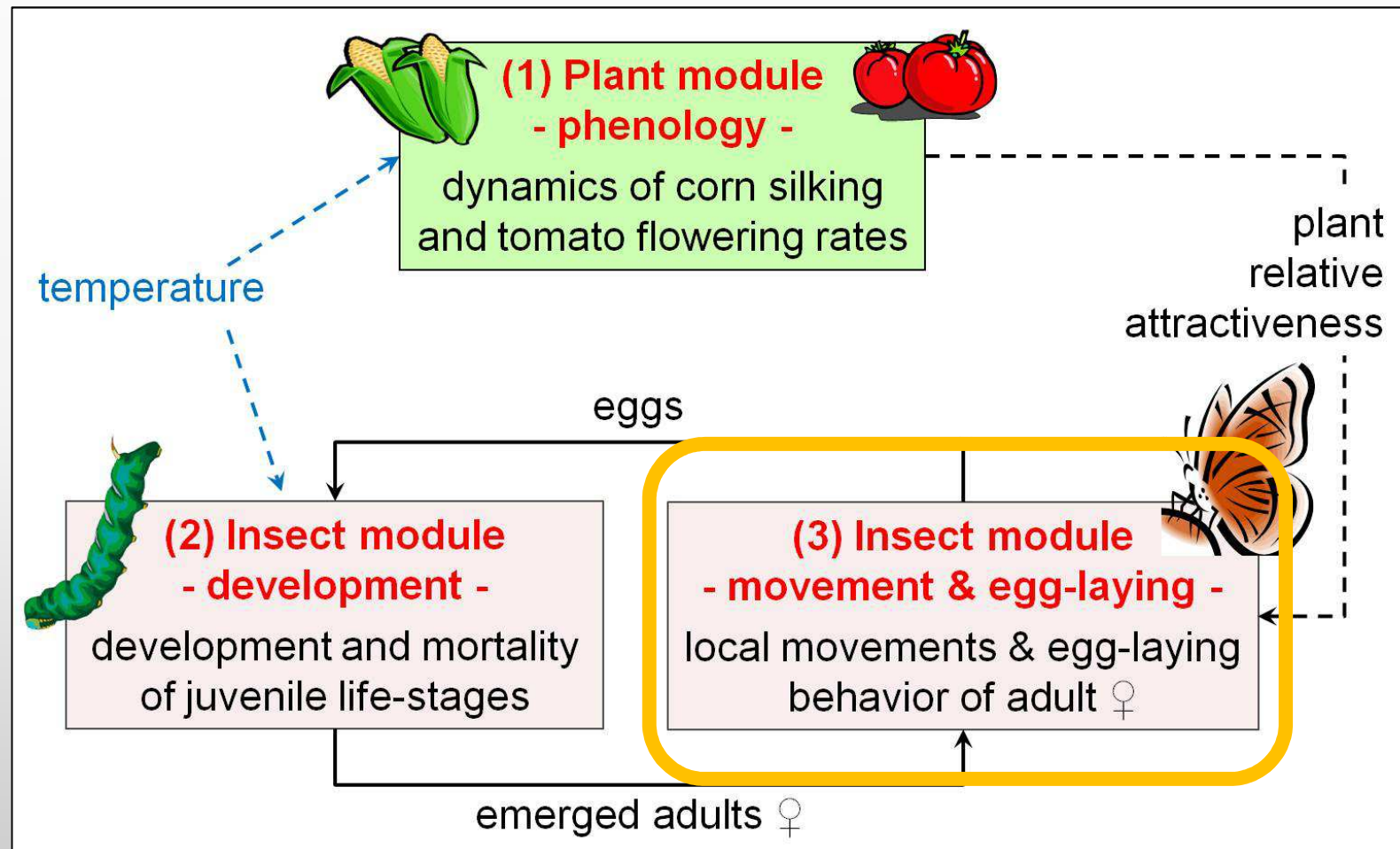


Fig.3 Dynamic of the TFW life-stages in a field. Simulation for a 30-day field infestation with 5 adult females per day.

2- PRÉSENTATION DU MODÈLE

- Le modèle est structuré en **3 modules interactifs**:



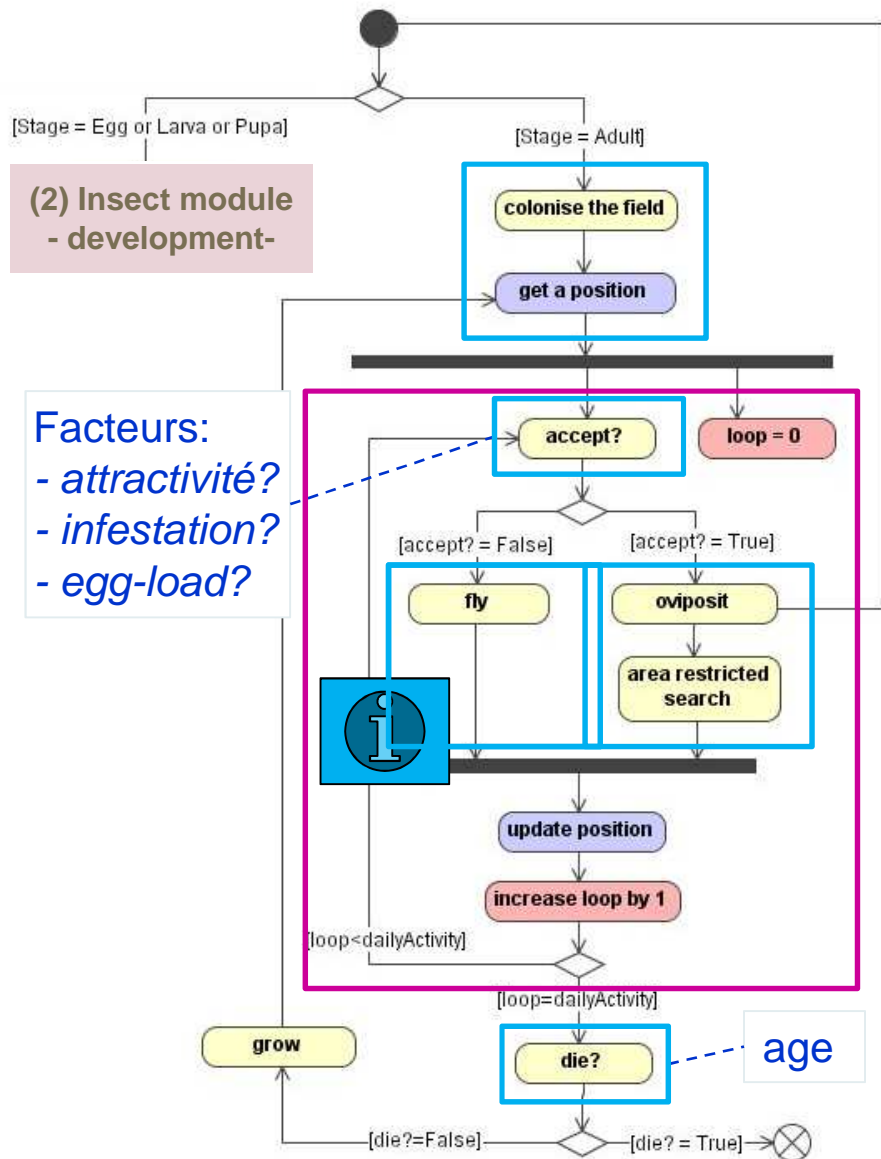


Diagramme d'activité (partie 2) : actions accomplies par un insecte chaque jour

(3) Insect module - movement & egg-laying -

- **Colonisation:** aléatoire
- **Acceptation de la plante ('post-aligning') :** rétention & type de déplacement
 - **Ponte** & 'Déplacement restreint' aux plantes voisines
 - **Déplacement par vol** et **Sélection d'une plante ('pre-aligning')...**
- 'loops' : permet à la femelle de visiter plusieurs plantes par jour
- *Littérature, mais non spécifique à H. zea*

(3) Insect module - movement & egg-laying -

- **Déplacement/Vol:**
 - direction aléatoire
 - pas de limite de capacité de dispersion,
- **Sélection de la plante** (olfactive et/ou visuelle) :
 - dans une **fenêtre de perception**,
 - basée sur **l'attractivité** relative des plantes

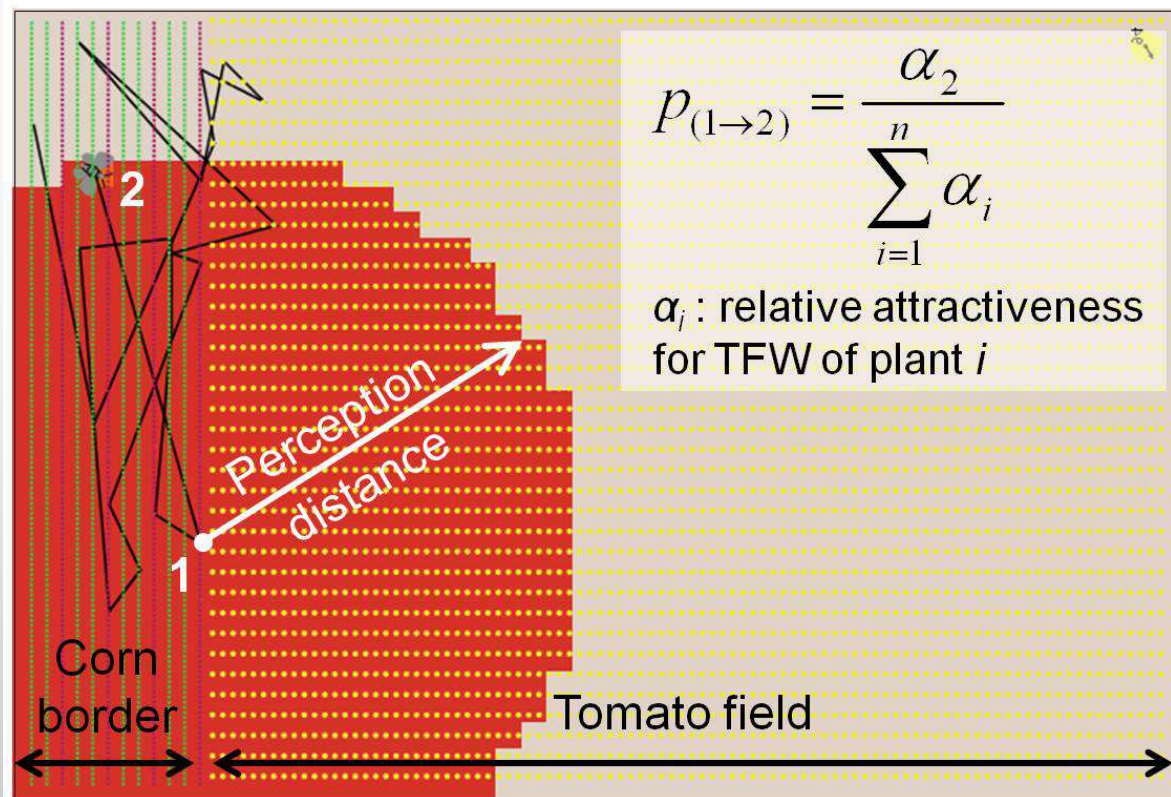
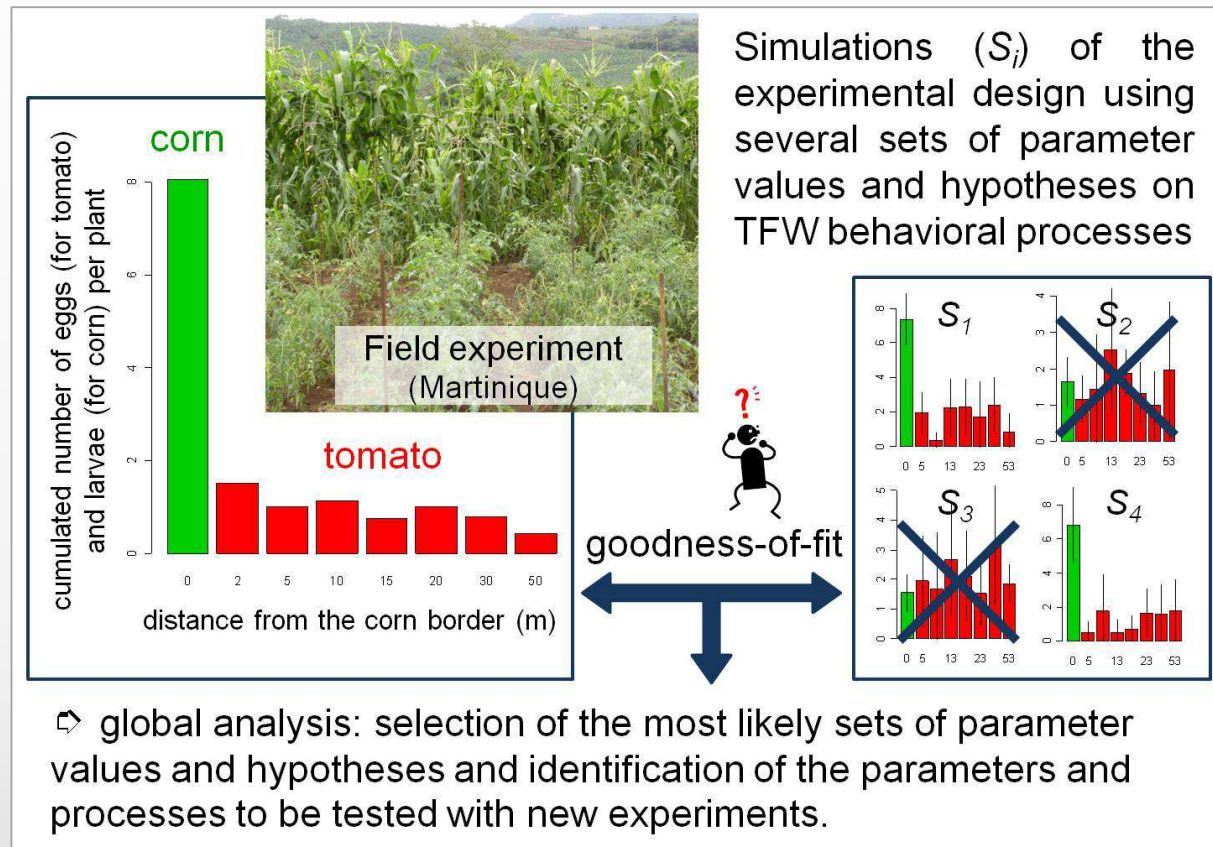


Fig.4. Trajectory example (line) of an adult TFW female in a field, simulated at a daily time-step.

Under an attractiveness-based host-plant selection hypothesis, female in position (1) move to one of the n plants located within its perception area (red area), with the probability $p_{(1 \rightarrow 2)}$ of moving to (2).

3- SÉLECTION / VALIDATION DU MODÈLE

- **Validation qualitative du modèle IBM:**
confrontation des données simulées aux données expérimentales (essai 2010)



→ validation / sélection des valeurs des paramètres et hypothèses sur les règles de comportement incluses dans les modèles les plus probables: un niveau de connaissances encore insuffisant...

→ des AR expérimentation / modélisation encore nécessaires

4- SIMULATIONS & RÉSULTATS

- Evaluation de la synchronisation entre les stades attractifs de la tomate et du maïs:

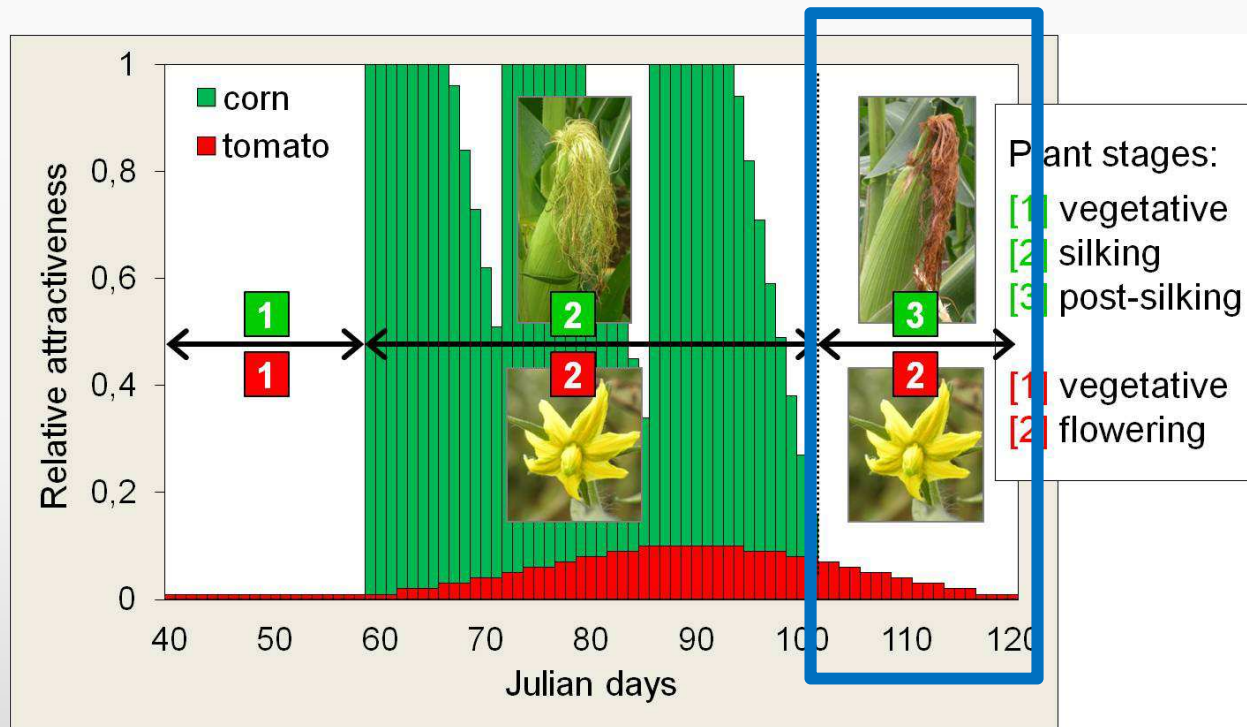


Fig.2. Dynamic of the relative attractiveness for TFW of tomato and corn plants.

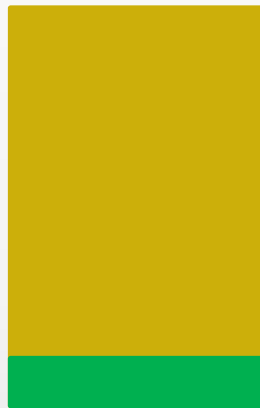
Simulation example with three sequential dates of corn sowing and $\alpha_{T:C} = 0.10$.

[2] attractive stages.

→ période pendant laquelle il n'y a plus de maïs attractif alors que la tomate est toujours attractive : **ce dispositif de déploiement temporel du maïs n'est pas optimal**

4- SIMULATIONS & RÉSULTATS

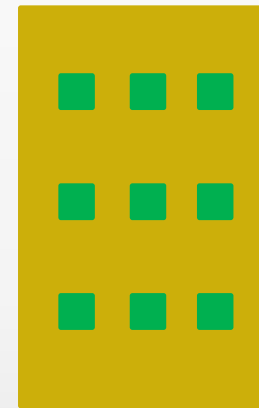
- Evaluation du niveau d'infestation des tomates en réponse
 - aux **modalités de déploiement spatial des plantes pièges** dans la parcelle:



bordure



interlignes



patches

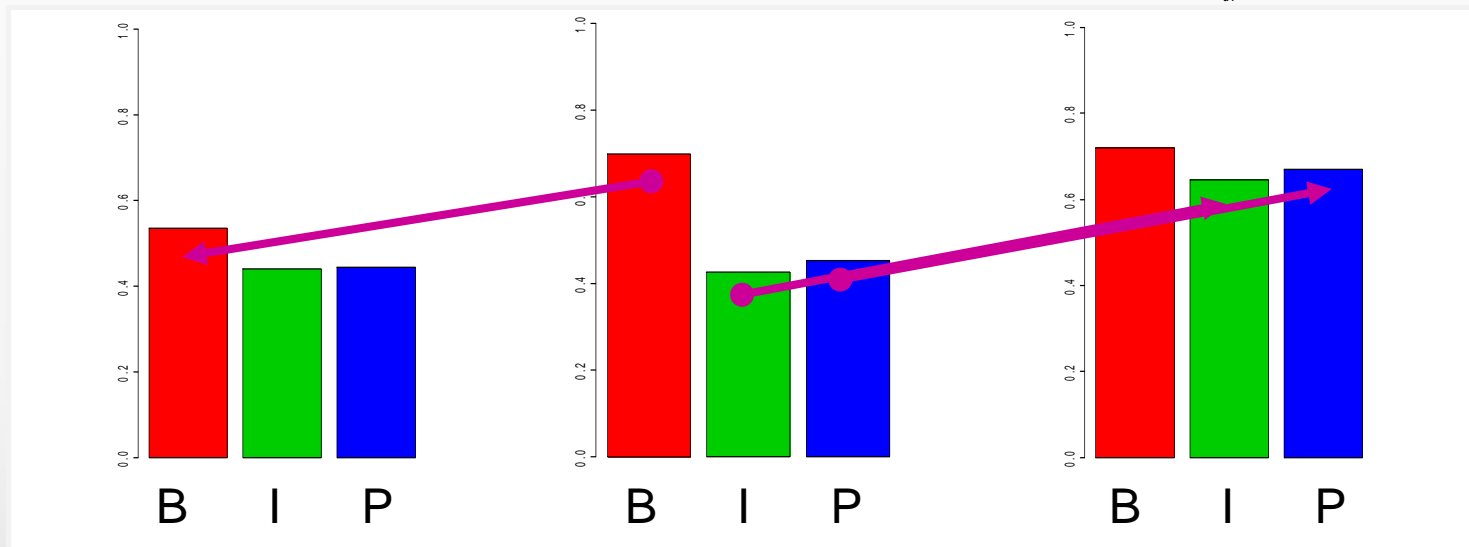
- aux **caractéristiques des plantes** (attractivité relative),
- aux **traits de comportement de l'insecte**.

→ définition de **patterns de réponses**

4- SIMULATIONS & RÉSULTATS

Niveau d'infestation des tomates pour 3 configurations de déploiement du maïs dans la parcelle (B=bordure; I=interlignes; P=patch):

Nb œufs moyen déposés par plante
/ Nb œufs moyen déposés par plant
sur la parcelle témoin sans maïs



- $\alpha_{T:C} = 0.10$
- perception distance = 15m

- $\alpha_{T:C} = 0.10$
- perception distance = 5m

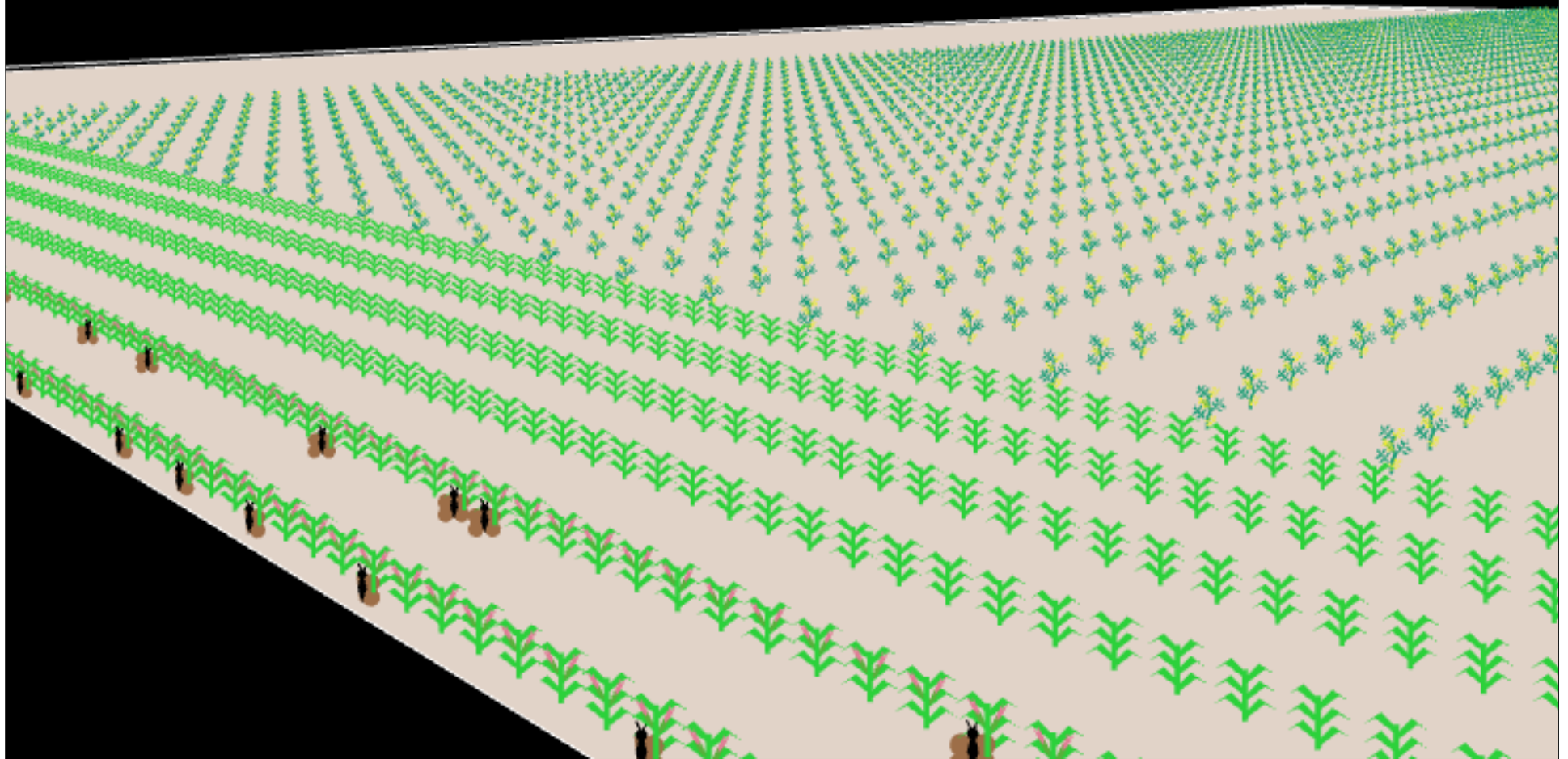
- $\alpha_{T:C} = 0.25$
- perception distance = 5m

→ interactions entre les modes de déploiement de la plante piège et les caractéristiques des plantes (attractivité $\alpha_{T:C}$) et du bio-agresseur (distance de perception)

5- CONCLUSIONS

- **Un modèle en cours de développement**, à mettre à jour avec les connaissances actuelles et de nouveaux essais visant à **mieux caractériser les mécanismes de dispersion et de comportement de sélection des plantes par *H. zea*** :
→ *études comportementales en conditions semi-contrôlées, suivis d'individus au champ (radio-télémétrie, marquage/recapture?) ?*
- **Approche couplée** expérimentation - modélisation
- **Le modèle d'abord comme outil de recherche** pour aider à mieux comprendre le fonctionnement du système et définir des patterns de réponses des infestations selon les modalités de déploiement des plantes pièges...
... vers un **outil opérationnel** pour faire des préconisations
- Un modèle **générique** et (\pm) transposable à d'autres système
→ *possibilité de tester des traits comportementaux contrastés*

*MERCI POUR VOTRE
ATTENTION*



ANNEXES

INFRASTRUCTURES ET DISPOSITIFS



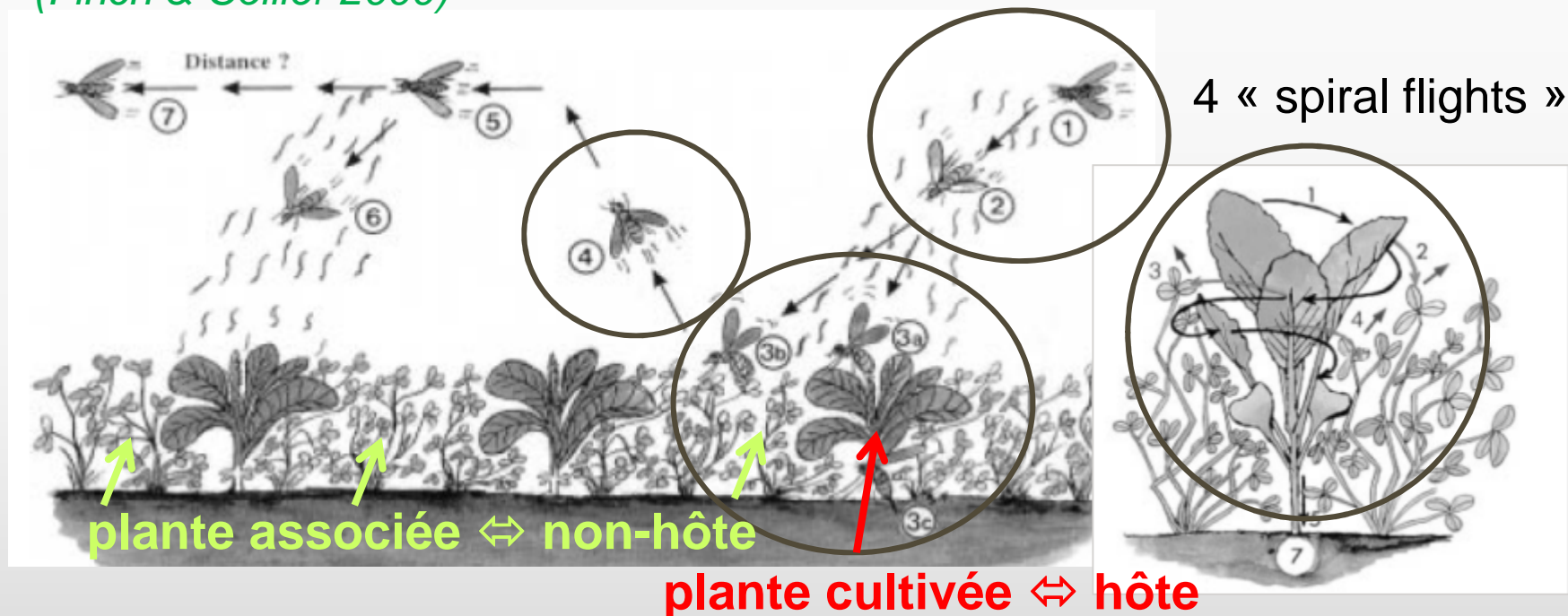
3 serres indépendantes sous filet insect-proof
(Martinique)
→ manipulations en conditions semis-contrôlées

- à partir des connaissances existantes...

(2) Insect module - movement & oviposition -

comportement de sélection des sites de ponte par les insectes

Un exemple: la théorie «appropriate/inappropriate landings»
(Finch & Collier 2000)



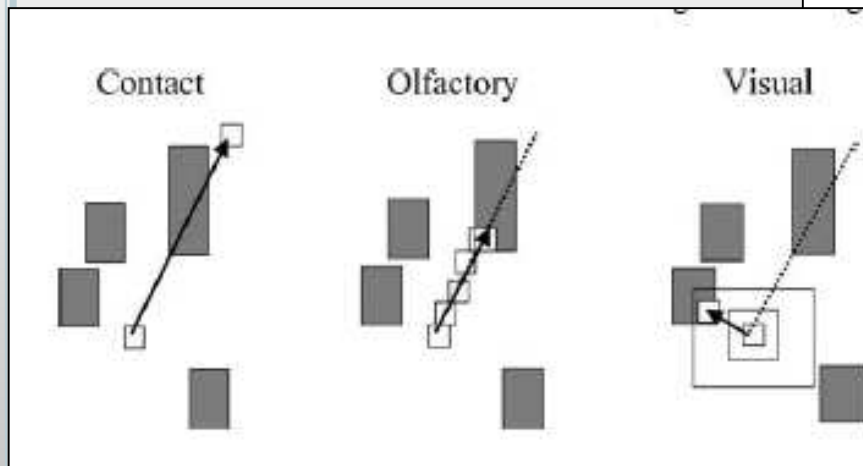
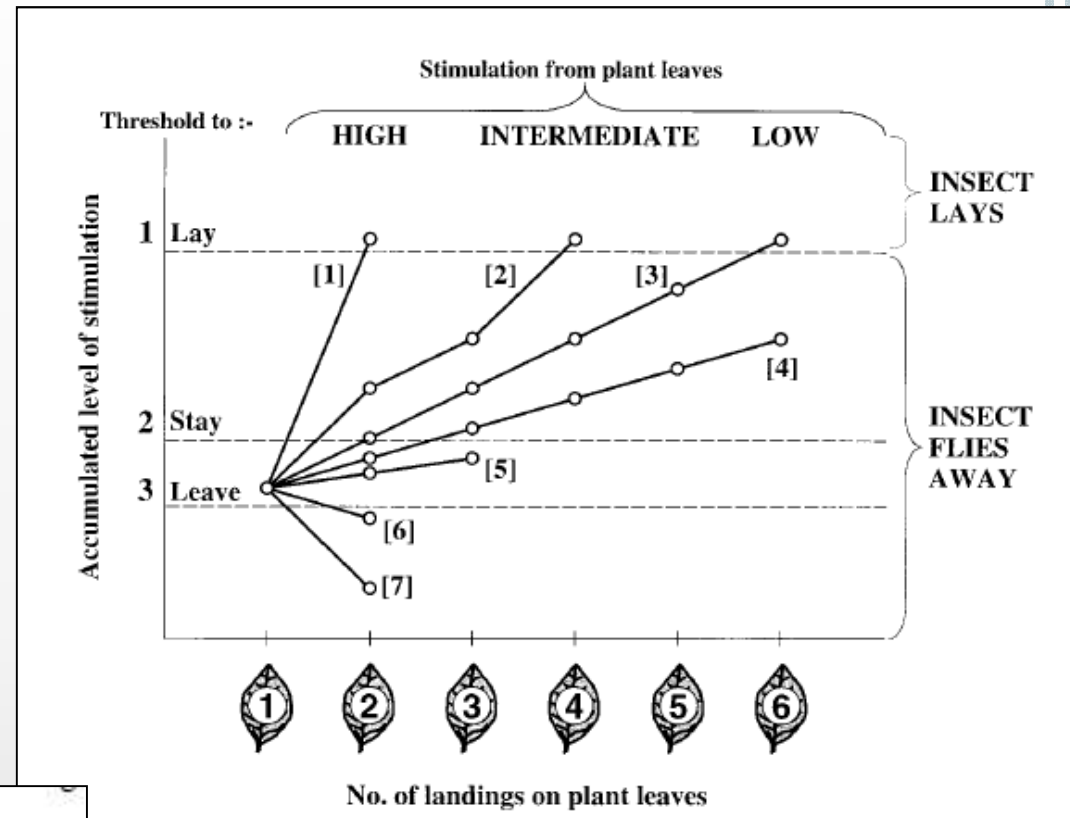
- (1) (2) perception de volatiles émis par la plante hôte
- (3) se pose aléatoire sur les feuilles vertes de plantes hôtes (« appropriate ») ou non-hôtes (« inappropriate landings »)
- (4) acceptation ou départ (en fonction des stimuli accumulés)

COMPORTEMENT DE SÉLECTION DES SITES DE PONTE PAR LES INSECTES

The number of leaf landings a cabbage root fly may have to make before accepting a plant as a suitable oviposition site or deciding to fly elsewhere

[...] : 7 patterns of insect behavior

(Finch & Collier 2000)



3 types of searching / detection mechanisms (Potting et al 2005)